

Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi dan Temperatur Aktivasi Fisika dari Elektroda Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak Terhadap Nilai Kapasitansi *Electric Double Layer Capacitor* (EDLC)

Haniffudin Nurdiansah dan Diah Susanti

Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: santiche@mat-eng.its.ac.id

Abstrak— Dewasa ini kebutuhan akan energi semakin meningkat. Keadaan yang diharapkan adalah tersedianya perangkat penyimpan energi yang praktis, canggih, tahan lama dan ramah lingkungan. Salah satu solusinya adalah penggunaan EDLC sebagai media penyimpanan energi, hal ini karena EDLC mempunyai kapasitansi yang lebih tinggi daripada kapasitor konvensional dan juga lebih ramah lingkungan. Sehingga dilakukan penelitian ini untuk menganalisis karbon aktif dari Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak untuk dimanfaatkan sebagai elektroda EDLC. Dari pengujian Kadar Karbon Fix didapat nilai fixed carbon Tempurung Kelapa sebesar 74.62% dan untuk Tempurung Kluwak sebesar 74.59% sehingga Tempurung Kelapa dan Kluwak berpotensi sebagai bahan karbon aktif. Proses pembuatan karbon aktif dilakukan dengan cara karbonisasi selama 2 jam pada temperatur 700°C dan 800°C selanjutnya diaktivasi kimia dengan KOH dan diaktivasi fisika pada 110 °C dan 600°C. Hasilnya didapatkan nilai kapasitif tertinggi adalah 884 mF/gr untuk karbon aktif dari Tempurung Kelapa dan 291 mF/gr untuk karbon aktif dari Tempurung Kluwak pada sampel yang dikarbonisasi 700°C dan di aktivasi fisika 600°C. Sedangkan luas permukaan spesifik tertinggi adalah 548.542 m²/gr untuk karbon aktif dari Tempurung Kelapa dan 333.399 m²/gr untuk karbon aktif dari Tempurung Kluwak serta bilangan iodine tertinggi sebesar 1122.96 mg/g untuk karbon aktif dari Tempurung Kelapa dan 968.83 mg/g untuk karbon aktif dari Tempurung Kluwak juga pada temperatur karbonisasi 700°C dan diaktivasi fisika 600°C. Sehingga dapat dikatakan bahwa karbon aktif dari Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak memiliki kualitas yang sesuai standar SNI dan dapat dimanfaatkan sebagai elektroda EDLC.

Kata Kunci—EDLC, Karbon Aktif, Karbonisasi, Tempurung Kluwak, Tempurung Kelapa

I. PENDAHULUAN

Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak merupakan bahan organik yang selalu terdiri dari beberapa komponen berupa selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa merupakan senyawa organik dengan formula (C₆H₁₀O₅)_n yang

terdapat pada dinding sel dan berfungsi untuk mengokohkan struktur. Kandungan selulosa inilah yang membuat Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak memiliki struktur yang keras. Sedangkan hemiselulosa adalah polimer polisakarida heterogen yang tersusun dari unit D-Glukosa, L-Arabinosa dan D-Xilosa yang mengisi ruang antara serat selulosa didalam dinding sel tumbuhan. Dengan begitu hemiselulosa adalah matrix pengisi serat selulosa. Selain selulosa dan hemiselulosa pada tumbuhan juga terdapat lignin yang merupakan senyawa kimia yang sangat kompleks dan berstruktur amorf. Lignin juga merupakan polimer dengan berat molekular yang tinggi dengan struktur yang bervariasi. Lignin berfungsi sebagai pengikat untuk sel-sel yang lain dan juga memberikan kekuatan. Semakin banyak kandungan Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin maka akan semakin baik karbon aktif yang dihasilkan. [1].

Karbon aktif merupakan suatu bentuk arang yang telah melalui aktivasi dengan menggunakan gas CO₂, uap air atau bahan-bahan kimia sehingga pori-porinya terbuka dan dengan demikian daya absorpsinya menjadi lebih tinggi terhadap zat warna dan bau. Karbon aktif mengandung 5 sampai 15 persen air, 2 sampai 3 persen abu dan sisanya terdiri dari karbon. Karbon yang sekarang banyak digunakan berbentuk butiran (granular) dan berbentuk bubuk (tepung). [2].

Besarnya daya serap karbon aktif sangat dipengaruhi oleh keadaan pori-pori yang terbentuk. Pori-pori pada karbon aktif memiliki beberapa jenis sebagai berikut :

1. Mikropori dengan ukuran dibawah 40 Angstrom
2. Mesopori dengan ukuran antara 40 - 5000 Angstrom
3. Makropori dengan ukuran diatas 5000 Angstrom

Pada bahan baku yang berbeda dan perlakuan yang berbeda maka dominasi pori-pori yang terbentuk juga berbeda. Pada karbon aktif dengandominasi mikropori sangat sesuai untuk digunakan sebagai penyerap molekul-molekul kecil seperti molekul gas dan dengan tingkat kontaminan rendah.

Sedangkan karbon aktif dengan dominasi makropori sesuai untuk menyerap molekul yang lebih besar seperti molekul cairan dan sangat cocok untuk decolorizing [3].

Pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahap yaitu:

a. Dehidrasi:

proses penghilangan air. Bahan baku dipanaskan sampai temperatur 170 °C.

b. Karbonisasi:

pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon. Karbonasi dilakukan pada suhu 400-900°C hasilnya didinginkan dan dicuci, untuk menghilangkan dan mendapatkan kembali bahan kimia pengaktif, disaring dan dikeringkan. Temperatur diatas 170°C akan menghasilkan CO, CO₂ dan asam asetat. Pada temperatur 275°C, dekomposisi menghasilkan tar, metanol dan hasil sampingan lainnya. Pembentukan karbon terjadi pada temperatur 400-600 °C.

c. Aktivasi:

Dekomposisi tar dan perluasan pori-pori. Dapat dilakukan dengan uap atau CO₂ sebagai aktivator. Karbon dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna. Secara umum reaksinya dapat ditulis sebagai berikut: $C_xH_yO_n + O_2 (g) \rightarrow C(s) + CO(g) + H_2O(g)$

Pembakaran tidak sempurna tidak terjadi bila hidrokarbon berlebih atau kekurangan oksigen pada penukaran sempurna hanya dihasilkan CO₂ dan H₂O, sedangkan pada pembakaran tidak sempurna selain dihasilkan CO₂ dan H₂O juga dihasilkan CO dan C [4].

Kapasitor listrik dua layer atau EDLC didasari pada prinsip kerja dari lapisan listrik ganda yang terbentuk pada antar permukaan lapisan antara karbon aktif dan elektrolit sebagai dielektrik. Adanya mekanisme absorpsi dan desorpsi ion pada kedua layer elektroda karbon aktif berperan dalam pengisian dan pengosongan EDLC. Dengan memberikan tegangan pada elektroda yang saling berhadapan maka ion akan tertarik ke permukaan kedua elektroda dan terjadilah proses pengisian atau charging. Sebaliknya, ion akan bergerak menjauh saat EDLC digunakan atau discharging [5]. Pada mekanisme kerja EDLC sangat bergantung pada adanya ion yang memiliki muatan listrik. Ion yang digunakan didapat dari elektrolit yang berada diantara kedua elektroda karbon aktif terdisosiasi. Disosiasi sendiri merupakan peristiwa terurainya suatu zat menjadi beberapa zat yang lebih sederhana. Pada EDLC misalnya, sebuah larutan elektrolit AB terdisosiasi menjadi komponennya A- dan B+. Hal tersebut dinamakan disosiasi elektrolit atau ionisasi dan reaksi ini juga merupakan reaksi reversibel atau berjalan bolak-balik karena ion-ion A- dan B+ juga bisa kembali membentuk elektrolit AB. Melalui proses seperti inilah ion-ion bermuatan listrik dapat dimanfaatkan pada sistem kerja EDLC [1].

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Preparasi Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak

Preparasi yang dilakukan adalah pencucian dan pengeringan Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak dibawah sinar matahari langsung. Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak yang digunakan berasal dari kawasan Ponorogo dan

pengambilan dilakukan disatu tempat. Lalu spesimen diperkecil ukurannya hingga ukuran 0,1-3 mm.

B. Karbonisasi

Dilakukan pengarangan atau proses karbonisasi didalam *horizontal furnace* pada temperatur 700°C dan 800°C dengan waktu tahan selama 2 jam. Pada proses karbonisasi sampel Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak dimasukkan kedalam *crusible* alumina. Selama proses karbonisasi gas Nitrogen dialirkan dengan tujuan untuk homogenasi ukuran pori-pori karbon aktif [6]. Setelah mengalami proses karbonisasi sampel karbon yang didapat dihancurkan menggunakan *blender* hingga berbentuk serbuk yang lolos 120 *mesh*. Sampel yang tidak lolos dihancurkan kembali hingga berukuran 120 *mesh*.

C. Aktivasi Kimia

Pada proses aktivasi kimia, arang dan KOH dimasukkan ke dalam *beaker glass* dan ditambah aquades sebanyak karbon yang digunakan jadi perbandingan campuran antara air, karbon dan KOH menjadi 1:1:4. Campuran tersebut lalu dipanaskan dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer hot plate* dengan temperatur 80°C selama 4 jam dan menggunakan kecepatan putaran *stirrer* sebesar 200 rpm [7]. Setelah tercampur maka dilakukan pengendapan dan pencucian. Pengendapan dilakukan dengan membiarkan campuran selama satu hari hingga terbentuk endapan. Lalu cairan yang ada pada campuran dibuang hingga tersisa endapannya saja. Endapan yang didapat lalu dicuci dengan menambahkan aquades dan berulang sampai pH nya mendekati netral.

D. Aktivasi fisika

Pada aktivasi fisika endapan karbon aktif hasil aktivasi kimia dipanaskan dengan cara hidrothermal menggunakan variasi temperatur 110°C, dan 600°C dengan waktu tahan selama 4 jam untuk masing-masing endapan karbon aktif dari setiap proses karbonisasinya. Proses Hidrothermal berlangsung dengan memasukkan adonan karbon aktif yang masih kaya akan kandungan air didalam *crusible* yang dimasukkan didalam *autoclaf* dan dipanaskan di dalam furnace. Proses hidrothermal adalah proses yang memanfaatkan tekanan uap air yang diperoleh dari pemanasan air yang terkandung pada sampel itu sendiri. Serbuk karbon aktif akan didapat setelah didinginkan dengan perlahan didalam furnace. *Autoclaf* pada proses aktivasi kimia ini digunakan agar proses aktivasi fisika berlangsung pada keadaan kedap udara agar lingkungan pemanasan memiliki kadar oksigen yang terbatas. Karena jika saat pemanasan terdapat banyak oksigen akan terbentuk abu [8].

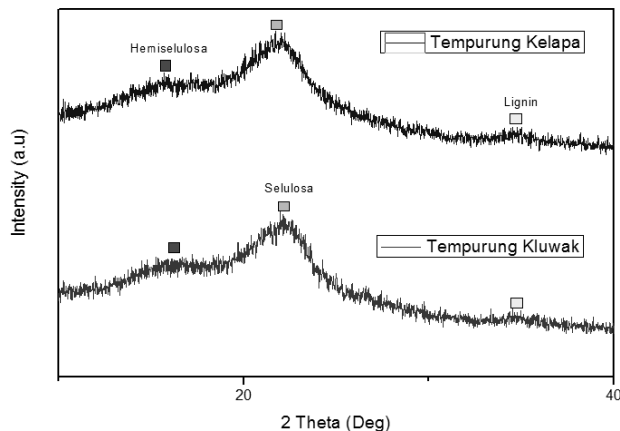
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Kadar Karbon Fix ASTM D 1762-84 dan Pengujian XRD Raw Material

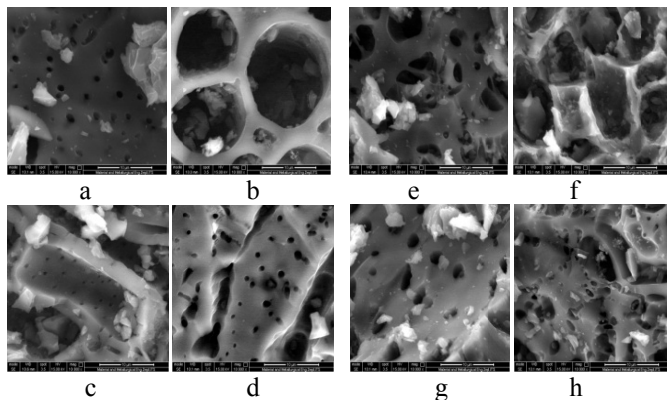
Dari hasil uji kadar karbon fix Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak seperti yang tertera pada tabel 1.1 terlihat bahwa Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak memiliki fixed carbon yang tinggi. Nilai fixed carbon yang dimiliki oleh Tempurung Kelapa melebihi nilai fixed carbon dari pengujian tempurung kelapa yang sebelumnya yaitu 20,96% pada

Tabel 1. hasil uji kadar karbon fix dari Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak

No	Tempurung	Kadar Abu	Kadar Volatil	Kadar Karbon Fix
		(%)	(%)	(%)
1	Kelapa	2.58	22.8	74.62
2	Kluwak	1.61	23.8	74.59



Gambar 1 Hasil XRD Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak



Gambar 2 Hasil Uji SEM Karbon Aktif Tempurung Kelapa(a,b,c,d) dan Tempurung Kluwak (e,f,g,h). Temperatur Karbonisasi 700°C, Temperatur Aktivasi Fisika 110°C (a,e) , Temperatur Karbonisasi 700°C, Temperatur Aktivasi Fisika 600°C (b,f) . Temperatur Karbonisasi 800°C, Temperatur Aktivasi Fisika 110°C (c,g) . Temperatur Karbonisasi 8000C, Temperatur Aktivasi Fisika 6000C (d,h).

penelitian yang dilakukan oleh Wei Li (2008) serta nilai fixed carbon pada eceng gondok yaitu 72,02% pada penelitian yang dilakukan oleh Abu dan Suhariono (2012). Dengan *fix carbon* sebesar 74.62 dan 74.59 % maka Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak sangat berpotensi untuk dijadikan bahan karbon aktif.

Dari hasil uji XRD Raw Material didapatkan pola difraksi seperti pada gambar 1. Pada pola difraksi terlihat bahwa Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak memiliki kandungan Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin sesuai kartu JCPDF 50-2241 serta sesuai pola difraksi XRD dari selulosa, hemiselulosa dan lignin yang pernah diteliti oleh Rosa (2010). Sehingga kandungan karbon (C) pada Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak sangat tinggi karena selulosa,

hemiselulosa dan lignin merupakan senyawa organik dengan banyak rantai karbon.

B. Hasil Karbonisasi

Dalam proses karbonisasi terdapat penyusutan sampel. Hal ini dikarenakan pemanasan yang diberikan saat proses karbonisasi berlangsung dapat menghilangkan komponen-komponen yang terkandung didalam sampel sehingga hanya tersisa arang atau karbonnya saja. Didalam proses karbonisasi ini terkadang juga didapatkan hasil berupa abu jika proses karbonisasi tidak berlangsung dalam keadaan lingkungan yang terbatas oksigennya. Namun hasil yang didapat dari proses karbonisasi pada Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak ini berupa arang tanpa adanya abu.

C. Hasil Aktivasi Kimia

Proses aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan aktifier Kalium Hidroksida (KOH). KOH merupakan basa kuat sehingga bisa menghilangkan zat-zat pengotor dalam karbon seperti volatil dan tar sehingga membuat karbon lebih berpori. Hasilnya berupa endapan basah karbon aktif yang kemudian dicuci sampai pH netral.

D. Hasil Aktivasi Fisika

Pada karbon aktif hasil aktivasi fisika terlihat lebih berwarna hitam dari pada karbon aktif yang hanya didehidrasi saja. Warna yang lebih hitam ini dikarenakan proses aktivasi fisika yang menggunakan metode *hydrothermal* menghasilkan serbuk yang masih sedikit basah berbeda dengan dehidrasi yang benar-benar kering. Serta serbuk karbon aktif yang didapat semakin halus jika temperatur aktivasi fisiknya semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pada aktivasi fisika terdapat pemecahan kembali rantai karbon yang masih tersisa dan pada proses dehidrasi tidak terjadi. Efek dari aktivasi fisika tersebut semakin optimal jika temperatur aktivasi fisiknya semakin tinggi. Jadi dapat dikatakan bahwa semakin tinggi temperatur aktivasi fisiknya maka karbon aktif yang dihasilkan semakin bersih dari pengotor dan ikatan organik semakin banyak yang terlepas. Jika karbon aktif bersih dari pengotor maka pori-porinya akan semakin banyak dan luas permukaannya akan semakin besar jika ukuran partikelnya semakin kecil.

E. Hasil Pengujian SEM

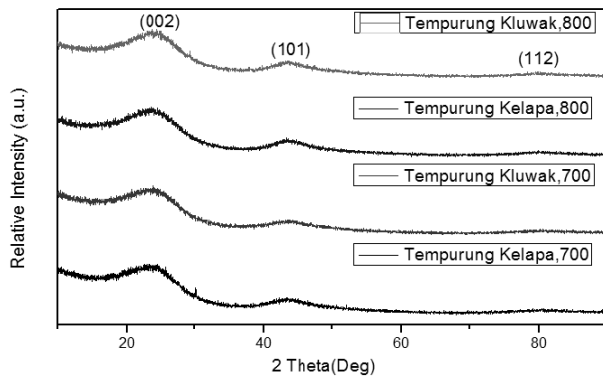
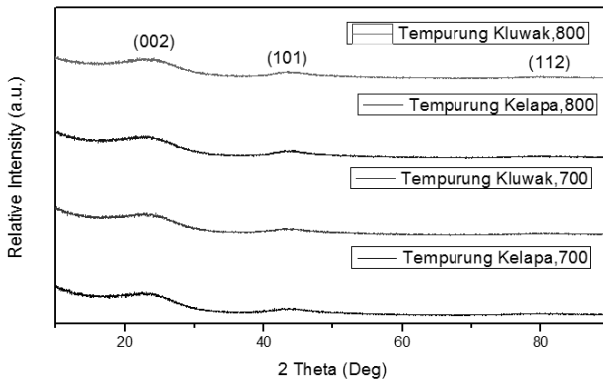
Dari hasil SEM dengan perbesaran 10000x pada gambar 2 terlihat bahwa sampel memiliki bentuk yang berongga atau memiliki pori-pori sehingga bisa disimpulkan bahwa karbon aktif dari Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak berbentuk *sponge*. Terlihat bahwa ukuran serbuk karbon aktif yang didapat semakin kecil seiring bertambah tingginya temperatur aktivasi fisika yang didapat. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada proses karbonisasi terjadi pemecahan rantai karbon dan akan semakin optimal dengan adanya kenaikan temperatur pada proses karbonisasi. Serta pada proses aktivasi fisika juga terdapat pemecahan rantai karbon kembali yang dibuktikan dengan semakin mengecilnya ukuran partikel yang didapat seiring meningkatnya temperatur aktivasi fisika seperti yang terlihat pada tabel 2.

Tabel 2 Ukuran Partikel dan Diameter Pori-Pori Karbon Aktif

N o	Tempurung	T Karbonisasi ($^{\circ}\text{C}$)	T Aktivasi Fisika ($^{\circ}\text{C}$)	Diameter Pori Pori (μm)	Jenis Pori-Pori
1	Kelapa	700	110	3.022 - 12.080	Makropori
2			600	4.555 - 17.320	Makropori
3		800	110	0.204 - 0.700	Mesopori
4			600	0.392 - 1.189	Mesopori
5	Kluwak	700	110	1.227 - 6.749	Makropori
6			600	5.719 - 10.760	Makropori
7		800	110	0.642 - 400	Mesopori
8			600	0.395 - 2.023	Mesopori

Tabel 4 Hasil Uji BET Karbon Aktif

N o	Tempurung	T Karbonisasi ($^{\circ}\text{C}$)	T Aktivasi Fisika ($^{\circ}\text{C}$)	Surface Area (m^2/g)	Total Volume (cm^3/g)
1	Kelapa	700	110	275.899	95.51
2			600	548.542	189
3		800	110	230.026	79.56
4			600	303.653	104.3
5	Kluwak	700	110	230.565	90.37
6			600	333.399	115.3
7		800	110	143.808	56.45
8			600	307.008	106.4

Gambar 3 Grafik XRD karbon aktif aktivasi 110 $^{\circ}\text{C}$ Gambar 4 Grafik XRD karbon aktif aktivasi 600 $^{\circ}\text{C}$

Tabel 3 Hasil Uji Iodine

N o	Tempurung	T Karbonisasi ($^{\circ}\text{C}$)	T Aktivasi Fisika ($^{\circ}\text{C}$)	Bilangan Iodine (mg/g)
1	Kelapa	700	110	826.3536
2			600	1122.96
3		800	110	823.7632
4			600	1036.18
5	Kluwak	700	110	778.4303
6			600	968.8284
7		800	110	756.4115
8			600	957.1714

F. Hasil Pengujian XRD

Dari pola grafik hasil XRD gambar 3 dan 4 menunjukkan bahwa sampel karbon aktif memiliki struktur yang amorf. Puncak yang terdapat pada grafik merupakan puncak dari Carbon (C) yang sudah membentuk kristal dengan struktur Hexagonal sesuai dengan kartu JCPDF 75-1621.

Dari gambar 3 dan 4 dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur aktivasi yang digunakan, maka bentuk grafiknya akan cenderung lebih landai apabila dibandingkan dengan grafik untuk temperatur aktivasi yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa pada temperatur aktivasi yang rendah, maka karbon yang terbentuk cenderung lebih bersifat kristalin daripada karbon yang terbentuk pada temperatur aktivasi yang lebih tinggi.

G. Hasil Pengujian Iodine

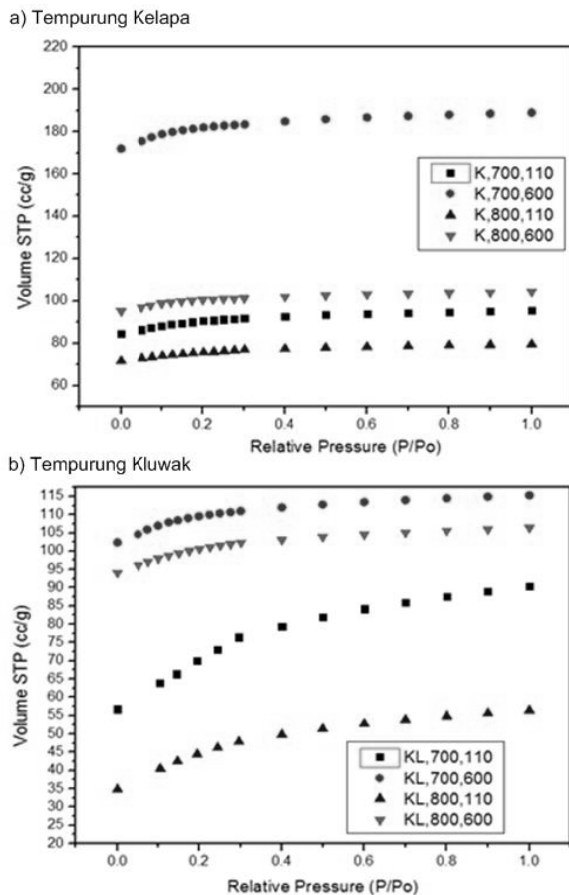
Hasil uji iodine pada tabel 3 yang dilakukan sesuai Standar SNI 1995 menunjukkan adanya perbedaan daya serap antara karbon aktif yang dikarbonisasi pada temperatur 700 $^{\circ}\text{C}$ dengan 800 $^{\circ}\text{C}$. Rata-rata daya serap iodine yang dikarbonisasi pada temperatur 700 $^{\circ}\text{C}$ lebih tinggi dari pada daya serap karbon aktif yang dikarbonisasi pada temperatur 800 $^{\circ}\text{C}$. Serta pada temperatur aktivasi fisika yang lebih tinggi didapat hasil uji iodine yang semakin tinggi.

Semua sampel karbon aktif dari Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak memenuhi standar karbon aktif SNI 06 – 3730-1995 yang mengharuskan nilai bilangan iodine dari karbon aktif minimal 750 mg/g .

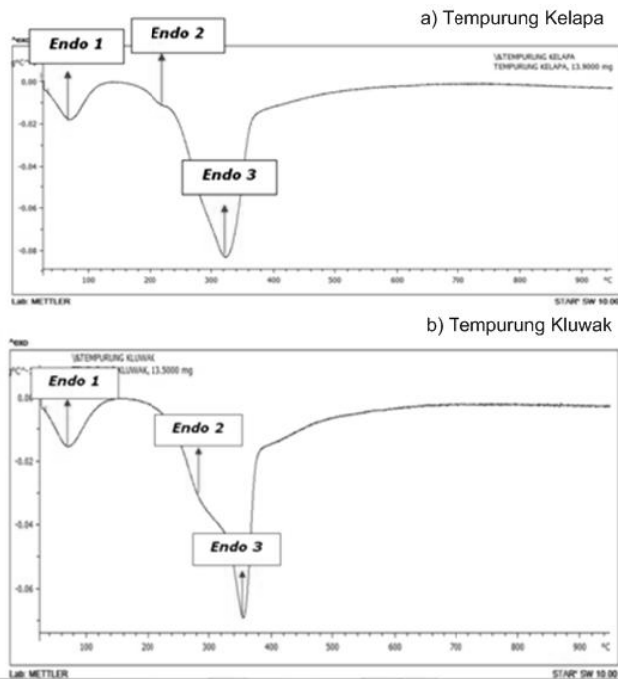
Karbon aktif yang dikarbonisasi pada temperatur 700 $^{\circ}\text{C}$ memiliki rata-rata bilangan iodine yang lebih besar dari karbon aktif yang dikarbonisasi pada temperatur 800 $^{\circ}\text{C}$ karena larutan iodine memiliki ukuran partikel yang cukup besar maka membuat karbon aktif yang kaya akan pori-pori kecil sulit untuk menyerapnya. Berbeda dengan karbon aktif yang memiliki banyak pori-pori besar, Iodine akan lebih mudah diserap. Ditambah lagi dengan adanya perlakuan aktivasi fisika yang berfungsi untuk memperluas bidang penyerapan karbon aktif, akan mengakibatkan jumlah pori-pori yang ada pada karbon aktif akan semakin banyak sehingga daya serapnya terhadap Iodine dapat semakin meningkat[9].

H. Hasil Pengujian BET

Pada tabel 4 dapat dilihat bahwa luas permukaan spesifik tertinggi pada karbon aktif dengan karbonisasi 700 $^{\circ}\text{C}$ dan aktivasi fisika 600 $^{\circ}\text{C}$.



Gambar 5 Grafik Penyerapan gas N_2 pada berbagai kondisi Temperatur Karbonisasi dan Aktivasi Fisika



Gambar 6 Grafik TGA/DSC

Tabel 5 Data % weight loss dari setiap titik endoterm

No	Tempurung	Titik Endoterm	Range Temperatur (°C)	Reaksi yang Terjadi	% Weight Loss
1	Kelapa	1	50 - 130	Dehidrasi	5.948
		2	190 - 305	Pirolisis Hemiselulosa	26.525
		3	305 - 404	Pirolisis Selulosa dan Lignin	46.379
2	Kluwak	1	50 - 130	Dehidrasi	5.846
		2	190 - 305	Pirolisis Hemiselulosa	14.917
		3	305 - 404	Pirolisis Selulosa dan Lignin	36.855

Grafik penyerapan gas N_2 ditunjukkan pada gambar 5. Dari gambar tersebut terlihat bahwa pada karbon aktif dari Tempurung Kelapa dan Kluwak, volume maksimal gas Nitrogen yang dapat diserap oleh karbon aktif terjadi pada saat *Relative pressure*nya pada angka 1,00, dan didapatkan volume maksimal 189 cm^3/g untuk Tempurung Kelapa dan 115.3 cm^3/g untuk Tempurung Kluwak pada karbon aktif dengan karbonisasi pada temperatur 700°C dan diaktivasi fisika pada temperatur 600°C.

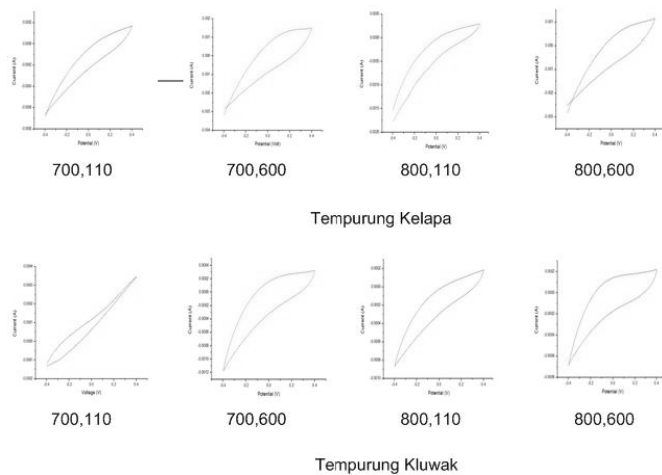
Hasil Uji BET yang didapat memiliki kecenderungan meningkat seiring meningkatnya temperatur aktivasi fisika. Kenaikan luas permukaan spesifik seiring dinaikkannya temperatur aktivasi fisiknya dikarenakan dengan aktivasi fisika yang semakin tinggi didapatkan pori-pori yang semakin kecil juga sehingga daya serap terhadap gas nya juga meningkat. Selain itu, di dapatkan bahwa semakin tinggi temperatur karbonisasi, maka luas permukaan aktif yang dihasilkan semakin turun. Hal ini dikarenakan kandungan kadar abu dari produk karbon aktif akan semakin naik seiring dengan kenaikan temperatur karbonisasi. Persentase abu yang terbentuk semakin besar mengakibatkan penurunan dari luas permukaan aktif, karena keberadaan abu akan menyumbat pori-pori pada struktur karbon aktif sehingga mengurangi luas permukaan aktif nya [10].

I. Pengujian TGA/DSC

Pada gambar 6 terlihat bahwa terdapat pengurangan massa pada temperatur 50°C hingga temperatur 130°C pada titik endoterm 1. Pengurangan massa tersebut adalah akibat dari hilangnya air yang disebut dengan dehidrasi. Dari hasil TGA/DSC pengurangan massa paling tinggi dimulai pada temperatur 200°C hingga 700°C. Pada temperatur 190°C merupakan titik endoterm 2 yaitu temperatur awal terjadinya dekomposisi bahan-bahan selain karbon seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin. Dekomposisi terus terjadi hingga temperatur 305°C dan pengurangan massa maksimum terjadi pada titik endoterm 3 di temperatur 404°C [11]. Besarnya pengurangan massa setiap titik endoterm ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 6 Hasil pengujian potensiostat

N o	Tempu rung	T Karboni sasi($^{\circ}$ C)	T Aktivasi Fisika($^{\circ}$ C)	Kapasitansi (miliFarad/gram)
1	Kelapa	700	110	110
2			600	844
3		800	110	300
4			600	623
5	Kluwak	700	110	36.7
6			600	291
7		800	110	171
8			600	194



Gambar 7 Grafik *Cyclic Voltammetry* dengan scan rate 2mV/s

J. Analisis *Cyclic Voltammetry*

Hasil pengujian Potensiostat dapat dilihat pada tabel 6 dimana karbon aktif hasil karbonisasi pada temperatur 700 $^{\circ}$ C dan aktivasi 600 $^{\circ}$ C baik pada karbon aktif dari tempurung kelapa dan tempurung kluwak mempunyai nilai kapasitansi yang tertinggi, yaitu 844 miliFarad per gram pada tempurung Kelapa dan 291 miliFarad per gram pada tempurung Kluwak. Besarnya nilai kapasitif yang terdapat pada tabel 6 didapat dari perhitungan yang merupakan hasil perhitungan luas area dari diagram *Cyclic Voltammetry* seperti yang terlihat pada gambar 7.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Semakin naik temperatur Karbonisasi maka nilai Bilangan Iodine, Luas permukaan aktif, dan Kapasitansi akan semakin turun. Semakin naik temperatur aktivasi fisika, maka nilai Bilangan Iodine, Luas permukaan aktif, dan Kapasitansi akan semakin naik. Keadaan optimum yang menghasilkan Bilangan Iodine, Luas Permukaan aktif, dan Kapasitansi terbesar adalah pada temperatur Karbonisasi 700 $^{\circ}$ C dan temperatur aktivasi fisika 600 $^{\circ}$ C baik pada Tempurung Kelapa maupun pada Tempurung Kluwak. Dari hasil nilai Kapasitansi terbesar diperoleh pada Temperatur Karbonisasi 700 $^{\circ}$ C dan Temperatur Aktivasi fisika 600 $^{\circ}$ C untuk Tempurung Kelapa nilainya 844 milifarad/gram dan untuk tempurung Kluwak sebesar 291 milifarad/gram sehingga sesuai untuk

diaplikasikan sebagai elektroda EDLC karena nilainya lebih dari 1 milifarad/gram.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis H.N. mengucapkan terima kasih kepada YTUB IKA-ITS atas bantuan biaya kuliah berupa beasiswa selama penulis menjalani waktu studi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Takeuchi, Yahsito, *Pengantar Kimia*. Tokyo: Iwanami Publishing Company (2006).
- [2] Tri Wijaja, Ali Altway, dan Soeprijanto, "Studi proses hybrid: adsorpsi pada karbon aktif/membran bioreaktor untuk pengolahan limbah cair industri," Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember (2009).
- [3] *Activated Carbon manufacture (structure and properties)*, Cameron Carbon Incorporated, USA (2006)
- [4] S. Salamah, "Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Perlakuan Karbonat". in *Prosiding Seminar Nasional "Kejuangan" Teknik Kimia*, Yogyakarta (2001).
- [5] Conway. *Electrochemical Supercapacitor-Scientific Fundamentals and Technological Applications*. Ottawa : University of Ottawa(1999).
- [6] W. M. Daud dan W. S. Ali, "Comparison On Pore Development Of Activated Carbon Produced From Palm Shell And Coconut Shell," *Bioresour Technol*, Vol. 93, No. 1 (Mai, 2004) 63-69.
- [7] Suhariyono, "Pengaruh variasi temperatur karbonisasi dan temperatur aktivasi fisika terhadap luas permukaan karbon aktif eceng gondok (*eichhornia crassipes*) dengan *actifier* koh (kalium hidroksida)". Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2012).
- [8] Abu Busana, "Pengaruh Temperatur Karbonisasi Dan Konsentrasi Zink Klorida (ZnCl₂) Terhadap Luas Permukaan Karbon Aktif Eceng Gondok". Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2012).
- [9] Rio Latifan, "Aplikasi Karbon Aktif dari Tempurung Kluwak(Pangium Edule) Dengan Variasi Temperatur Karbonisasi dan Aktivasi Fisika Sebagai Electric Double Layer Capacitor(EDLC)," Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2012).
- [10] Ikawati, Suherman, "Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Singkong UKM Tapioka Kabupaten Pati," Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang (2010).